

Голові спеціалізованої вченої ради Д 26.002.14
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені
Ігоря Сікорського»
доктору технічних наук, професору ІЛЬЧЕНКО М.Ю.
03056, м. Київ, пр. Берестейський, 37

ВІДГУК

офіційного опонента, доктора технічних наук, професора
Заїки Віктора Федоровича на дисертаційну роботу
Булашенка Андрія Васильовича «Конструктивний синтез
компактних хвилевідних пристроїв перетворення поляризації
електромагнітних хвиль», представлену на здобуття наукового
ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю
05.12.13 –Радіотехнічні пристрої та засоби телекомунікацій

Актуальність теми дисертації. Широке розповсюдження поляризаційних пристроїв у супутникових телекомунікаційних системах, радіоастрономії та радіосистемах іншого призначення зумовлене рядом відомих переваг, що мають антенні системи із двоканальною поляризаційною обробкою радіосигналів над іншими.

Зокрема, одночасна передача незалежних сигналів на двох ортогональних поляризаціях забезпечує подвоєння інформаційної ємності каналів радіозв'язку в телекомунікаційних системах. Крім цього, антени із когерентною двоканальною обробкою електромагнітних хвиль довільних детермінованих поляризацій знаходять широке застосування в радіоастрономії, оскільки вони дозволяють дослідити поляризацію реліктових шумів і випромінювань космічних об'єктів без внесення штучних спотворень.

Також антени цього типу широко використовуються в системах радіоелектронної боротьби та інших системах із поляризаційною адаптацією.

У зв'язку з цим розробці компактних хвилевідних поляризаційних пристроїв у комерційних програмах приділялася значна увага, але (внаслідок відсутності досконалого науково-методичного апарату) методи їх синтезу так і не були достатньо розкриті.

Виходячи з цього, тема дисертаційних досліджень Булашенка Андрія Васильовича, яка присвячена розробці нових методів конструктивного синтезу компактних пристроїв перетворення поляризації електромагнітних хвиль у хвилеводі на основі діафрагм та штирів, є надзвичайно важливою та актуальною.

Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації. Автор добре розуміє специфіку вирішення науково-прикладних задач та коректно визначає систему припущень та обмежень, за яких проводилися дисертаційні дослідження.

Обґрунтованість одержаних наукових положень, результатів та висновків підтверджується багатостороннім системним аналізом процесів, що протікають при поляризації електромагнітних хвиль у хвилеводі, коректною постановкою завдань та ретельним опрацюванням отриманих результатів досліджень.

Під час проведення досліджень автор спирається на відомі факти і наукові досягнення та використовує сучасні підходи та методи математичного аналізу й синтезу складних систем, які є цілком адекватними поставленим завданням.

Достовірність отриманих результатів підтверджується результатами аналітичних доведень через математичні перетворення та суттєвою збіжністю результатів високоточного моделювання у програмному середовищі CST Microwave Studio з експериментальними даними.

Наукова новизна та важливість отриманих автором результатів полягає у тому, що ним:

1. Удосконалено параметричний метод наближеного конструктивного синтезу компактних поляризаторів на основі реактивних елементів у квадратному хвилеводі, в якому, на відміну від існуючих, у математичних моделях фазозсувних елементів враховано вищі типи хвиль, а параметрична оптимізація здійснюється шляхом поєднання створених математичних моделей поляризаторів на основі діафрагм та/або штирів у квадратному хвилеводі та методу довірчого інтервалу.

2. Вперше розроблено аналітико-числовий метод наближеного конструктивного синтезу пристроїв перетворення поляризації електромагнітних хвиль на основі трьох діафрагм у квадратному хвилеводі, в якому параметрична оптимізація здійснюється, виходячи зі створеної математичної моделі, у вигляді однохвильової матриці розсіювання та сформульованої системи рівнянь четвертого порядку, яка містить умови синтезу і розв'язком якої є геометричні розміри синтезованого поляризатора.

3. Вперше розроблено аналітичний метод наближеного конструктивного синтезу компактних пристроїв перетворення поляризації електромагнітних хвиль на основі декількох діафрагм або штирів у квадратному хвилеводі, в якому (на основі попереднього синтезу поляризатора) визначаються необхідні

значення параметрів фазозсувних елементів та їх похідних на центральній частоті робочого діапазону частот, що забезпечує їх використання в якості початкових розмірів поляризатора (фазозсувача) в процесі його багатокритеріальної оптимізації з метою прискорення пошуку глобального екстремуму при високоточному конструктивному синтезі такого пристрою на електродинамічному рівні з урахуванням вищих типів хвиль та взаємодії між їх неоднорідностями.

Повнота викладення основних положень дисертації в опублікованих працях. Результати дисертаційних досліджень опубліковано у 27 наукових працях, у тому числі у 17 наукових міжнародних статтях із баз SCOPUS та/або Web of Science, (6 із них у наукових фахових виданнях), у 5 статтях у фахових виданнях України, і у 4 тезах доповідей у збірниках матеріалів міжнародних конференцій IEEE, що входять у базу SCOPUS.

Результати досліджень, які викладено в дисертації, доповідались на міжнародній конференції "2020 IEEE 7th International Conference on Problems of Infocommunications, Science and Technology" (Харків, 2020 р.), XI міжнародній конференції "2020 IEEE 2nd International Conference on Advanced Trends in Information Theory" (Київ, 2020), міжнародній конференції "2021 IEEE 3rd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering" (Львів, 2021 р.), міжнародній конференції "2022 IEEE 2nd Ukrainian Microwave Week" (Київ, 2022 р.).

Публікації в фахових наукових журналах та доповіді на науково-практичних міжнародних конференціях достатньо повно висвітлюють результати дисертаційної роботи.

Практичне значення результатів дослідження полягає у наступному:

1. Удосконалений параметричний метод наближеного конструктивного синтезу можна використовувати для синтезу компактних поляризаторів на основі 3-х та 4-х неоднорідностей (діафрагм, штирів) у квадратному хвилеводі. Сформульовано рекомендації щодо вибору початкових геометричних розмірів конструкції компактних поляризаторів з огляду на мінімізацію обчислювальних ресурсів для досягнення оптимальних співвідношень між електричними характеристиками пристрою. На основі дослідження чутливості електричних характеристик поляризатора до відхилень його геометричних розмірів від оптимальних дано рекомендації щодо допусків на його виготовлення. За допомогою запропонованого методу синтезовано поляризатори С-діапазону частот (3,4–4,2 ГГц) та Ku-діапазону частот (11,7–12,5 ГГц), придатні для застосування на практиці.

2. Розроблений аналітико-числовий метод наближеного конструктивного синтезу хвилеводних поляризаторів може використовуватися для розробки компактних поляризаторів на основі трьох діафрагм у квадратному хвилеводі з максимально плоскою фазо-частотною характеристикою. Ефективність цього методу у порівнянні з методом скінчених елементів підтверджено на прикладах синтезу хвилеводних поляризаторів X-діапазонів частот 7,25–8,6 ГГц, 7.75-8,5 ГГц та 8.0-8.5 ГГц для антенних систем земних станцій супроводження низькоорбітальних супутників дистанційного зондування Землі.

3. Розроблений аналітичний метод наближеного конструктивного синтезу поляризаторів на основі двох та трьох реактивних елементів у квадратному хвилеводі дозволяє визначати необхідні параметри реактивних елементів та відстань між ними, які забезпечують потрібні електричні характеристики пристрою. Використання методу дозволяє визначати геометричні розміри пристрою, що є близькими до оптимальних в околі глобального екстремуму. Розроблений метод можна рекомендувати для синтезу компактних поляризаторів, а також для визначення початкових значень параметрів пристрою при пошуках глобального екстремуму в процесі багатокритеріальної оптимізації характеристик поляризаторів на електродинамічному рівні з урахуванням вищих типів хвиль та взаємодії між фазозсувними елементами по вищих типах хвиль.

4. Встановлено, що у випадку побудови поляризатора на основі двох або трьох металевих штирів у квадратному хвилеводі можна отримати максимально плоску ФЧХ і сумістити на середній частоті робочого діапазону частот екстремальне значення ДФЗ 90° та відсутність відбиттів. Показано, що можна синтезувати поляризатор на основі двох емнісних штирів у квадратному хвилеводі з максимально плоскою ФЧХ у смузі частот 4% при значенні $KСХН \leq 1.22$ (відбивається менше 1% енергії) і ДФЗ $\Delta\varphi = 90^\circ \pm 1^\circ$ та у смузі частот 10% із значенням $KСХН \leq 1.91$ (відбивається менше 10% енергії) та ДФЗ $\Delta\varphi = 90^\circ \pm 2^\circ$. Також показано, що на основі трьох емнісних штирів у квадратному хвилеводі можна синтезувати поляризатор з максимально плоскою ФЧХ у смузі частот 10% при значенні $KСХН \leq 1.22$ і ДФЗ $\Delta\varphi = 90^\circ \pm 1^\circ$ та у смузі частот 18% при допустимому відбитті до 10% енергії і ДФЗ $\Delta\varphi = 90^\circ \pm 2^\circ$.

Оцінка змісту дисертації, її завершеності та відповідності встановленим вимогам. Дисертаційне дослідження автора є самостійним, оригінальним, завершеним науковим дослідженням, в якому отримані нові

науково обґрунтовані результати, що в сукупності вирішують поставлену наукову задачу.

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, який містить 102 посилань, та одного додатка. Загальний обсяг дисертації становить 197 сторінок.

Висновки дисертаційної роботи підкреслюють наукову новизну роботи та практичну значимість проведених досліджень.

Оцінка мови та стилю викладання дисертації та автореферату. Мова та стиль викладення матеріалів досліджень, наукових положень та висновків свідчать про вміння автора аргументовано формулювати свої думки, що забезпечує доступність їх сприйняття. Змістовне наповнення підрозділів роботи відповідає змісту визначених розділів, які мають єдність та завершеність.

Робота достатньо проілюстрована графіками та рисунками, що суттєво сприяють усвідомленню викладеного матеріалу. Отримані підсумкові результати дисертаційного дослідження повністю співпадають з метою та частковими завданнями дослідження, які сформульовано у вступі.

У цілому дисертаційна робота сприймається як завершена наукова праця, що характеризується єдністю змісту та містить нові наукові результати.

Зміст автореферату повністю відповідає основним положенням дисертації та дає повне уявлення про отримані автором основні результати досліджень, їх новизну та практичну цінність.

Зауваження та дискусійні положення щодо змісту дисертації.

Водночас, необхідно зазначити, що деякі положення дисертаційної роботи мають дискусійний характер, містять недоліки чи потребують додаткового обґрунтування. Зокрема:

1. Проведений в першому розділі роботи огляд сучасних перетворювачів поляризації і методів їх аналізу виглядає занадто переобтяженим надлишковою інформацією, яка не використовується у подальших дослідженнях.

2. Вважалось б доцільним в другому розділі роботи більше уваги приділити питанням синтезу поляризаторів на основі трьох діафрагм у квадратному хвилеводі, що значно полегшило б розуміння математичної моделі хвилеводного поляризатора, яка наведена в третьому розділі дослідження.

3. Без проведення аналізу чутливості електричних характеристик розробленого поляризаційного пристрою для наведених у третьому розділі

дисертаційної роботи діапазонів частот викладення матеріалу розділу не виглядає достатньо повним.

4. В тексті роботи та автореферату присутня певна кількість орфографічних та стилістичних помилок.

Разом з тим, зазначені зауваження мають в основному рекомендаційний характер і не впливають на загальний науковий рівень дисертації та не знижують наукову і практичну цінність результатів роботи та її загальну високу оцінку.

Загальні висновки. Вивчення дисертаційної роботи, автореферату та опублікованих здобувачем наукових праць дає підстави стверджувати, що дисертаційна робота Булашенка Андрія Васильовича на тему “Конструктивний синтез компактних хвилевідних пристроїв перетворення поляризації електромагнітних хвиль” є логічно завершеною науковою працею, яка виконана на актуальну тему та містить нові науково обґрунтовані результати і положення, які в сукупності вирішують важливу науково-прикладну задачу щодо розробки нових методів наближеного конструктивного синтезу поляризаторів на основі хвилеводу із діафрагмами та штирями.

Дисертаційна робота Булашенка А.В. відповідає паспорту спеціальності 05.12.13 – «Радіотехнічні пристрої та засоби телекомунікацій» та вимогам пунктів 9, 11, 12, 13 «Порядку присудження наукових ступенів» до дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата наук, а її автор, Булашенко Андрій Васильович, заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.13 – Радіотехнічні пристрої та засоби телекомунікацій.

Офіційний опонент

Завідувач кафедри телекомунікаційних систем та мереж
Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій
доктор технічних наук, професор


В.Ф. Заїка

Підпис доктора технічних наук, професора Заїки В.Ф. засвідчую

Учений секретар
Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій
кандидат філологічних наук, доцент


Г.Г. Єнчева